

②

15

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-027626

(43)Date of publication of application : 29.01.2003

(51)Int.Cl.

E04B 1/98

(21)Application number : 2001-218543

(71)Applicant : NTT POWER & BUILDING
FACILITIES INC

(22)Date of filing : 18.07.2001

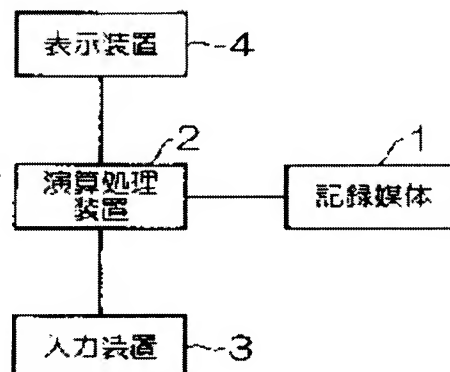
(72)Inventor : YOSHIDA KENICHI
OKUDA KENMOCHI
HIGUCHI KIYOKO

(54) EARTHQUAKE RISK DIAGNOSIS SYSTEM, METHOD OF DIAGNOSING EARTHQUAKE RISK, EARTHQUAKE RISK DIAGNOSIS PROGRAM AND RECORDING MEDIUM STORED WITH EARTHQUAKE RISK DIAGNOSIS PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an earthquake risk diagnosis system capable of calculating an earthquake risk with high accuracy.

SOLUTION: For the earthquake risk diagnosis system having anticipated amount of the damage calculation means 2 for calculating anticipated amount of the damage given to a facility in the case an earthquake having the prescribed ground motion acceleration occurs from a fragility curve drawing means 2, a fragility curve and the amount of the damage in the case a constituent element for constituting the facility is damaged, and a damage occurrence probability calculation means 2 for calculating the occurrence probability of a prescribed anticipated amount of damages in the facility from an earthquake occurring probability calculation means 2 for calculating an occurring probability of the earthquake of the prescribed ground motion, the anticipated amount of the damages occurring in the facility, in the case the earthquake of the prescribed ground motion acceleration and the occurrence probability of the earth quake of the prescribed ground motion acceleration, the fragility curve drawing means can draw the fragility curve according to Is value which shows earthquake resistance efficiency of a building, in the case the constituent element is the building.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-27626
(P2003-27626A)

(43) 公開日 平成15年1月29日 (2003.1.29)

(51) Int.Cl.⁷

E 0 4 B 1/98

識別記号

F I

E 0 4 B 1/98

ターミナル* (参考)

Z 2 E 0 0 1

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-218543(P2001-218543)

(22) 出願日 平成13年7月18日 (2001.7.18)

特許法第30条第1項適用申請有り 2001年1月20日 発行の「建築雑誌2001・1増刊 日本建築学会技術報告集第12号」に発表

(71) 出願人 593063161

株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ

東京都港区芝浦三丁目4番1号

(72) 発明者 吉田 献一

東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ内

(72) 発明者 奥田 賢持

東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

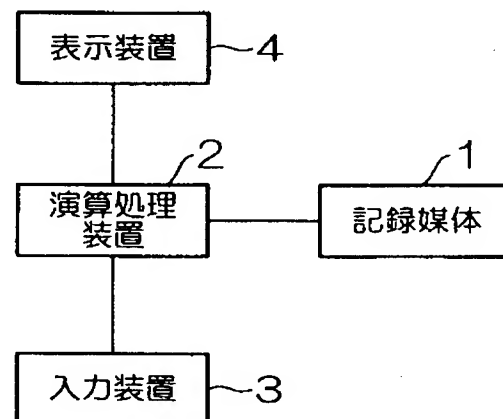
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 地震リスク診断システム、地震リスク診断方法、地震リスク診断プログラムおよび地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 地震リスクを精度良く算出することができる地震リスク診断システムを提供する。

【解決手段】 フラジリティ曲線作成手段2と、フラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出手段2と、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出手段2と、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出手段2とを有する地震リスク診断システムにおいて、フラジリティ曲線作成手段は、構成要素が建物である場合のフラジリティ曲線を、建物の耐震性能を示すI s値に応じて作成するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成手段と、

このフラジリティ曲線作成手段が作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出手段と、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出手段と、

前記予想損害額算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出手段とを有する地震リスク診断システムにおいて、

前記フラジリティ曲線作成手段は、構成要素が建物である場合のフラジリティ曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断システム。

【請求項 2】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成手段と、

このフラジリティ曲線作成手段が作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出手段と、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出手段と、

前記予想損害額算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出手段とを有する地震リスク診断システムにおいて、

前記フラジリティ曲線作成手段は、構成要素が設備である場合のフラジリティ曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断システム。

【請求項 3】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成

するフラジリティ曲線作成ステップと、

このフラジリティ曲線作成ステップで作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、

前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとを有する地震リスク診断方法において、

前記フラジリティ曲線作成ステップでは、構成要素が建物である場合のフラジリティ曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断方法。

【請求項 4】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成ステップと、

このフラジリティ曲線作成ステップで作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、

前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとを有する地震リスク診断方法において、

前記フラジリティ曲線作成ステップでは、構成要素が設備である場合のフラジリティ曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断方法。

【請求項 5】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成ステップと、このフラジリティ曲線作成ステップで作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額と

ら、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、

前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムにおいて、

前記 fragility 曲線作成ステップでは、構成要素が建物である場合の fragility 曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラム。

【請求項 6】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示された fragility 曲線を作成する fragility 曲線作成ステップと、

この fragility 曲線作成ステップで作成した fragility 曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、

前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムにおいて、

前記 fragility 曲線作成ステップでは、構成要素が設備である場合の fragility 曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラム。

【請求項 7】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示された fragility 曲線を作成する fragility 曲線作成ステップと、

この fragility 曲線作成ステップで作成した fragility 曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場

合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、

前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体において、

前記 fragility 曲線作成ステップでは、構成要素が建物である場合の fragility 曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 8】 地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示された fragility 曲線を作成する fragility 曲線作成ステップと、

この fragility 曲線作成ステップで作成した fragility 曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、

歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、

前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体において、

前記 fragility 曲線作成ステップでは、構成要素が設備である場合の fragility 曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、地震リスク診断システム、地震リスク診断方法、地震リスク診断プログラムおよび地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体

に関する。

【0002】

【従来の技術】施設が地震に遭った場合に発生する損害の程度を示す地震リスクを算出する方法が数々提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の地震リスクの算出方法は、耐震専門技術者の経験に基づくものが多く、算出結果の精度が悪いという問題があった。具体的には、施設を構成する建物や設備の、地動加速度と損傷確率との関係を示す fragility 曲線を、精度良く算出することができないという問題があった。

【0004】本発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、施設を構成する建物や設備の fragility 曲線を精度良く算出することができ、従って、地震リスクを精度良く算出することができる地震リスク診断システム、地震リスク診断方法、地震リスク診断プログラムおよび地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体を提供するものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示された fragility 曲線を作成する fragility 曲線作成手段と、この fragility 曲線作成手段が作成した fragility 曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出手段と、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出手段と、前記予想損害額算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出手段とを有する地震リスク診断システムにおいて、前記 fragility 曲線作成手段は、構成要素が建物である場合の fragility 曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断システムである。

【0006】請求項 2 に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示された fragility 曲線を作成する fragility 曲線作成手段と、この fragility 曲線作成手段が作成した fragility 曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出手段と、歴史地震の再現期待値が格納された被害地

震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出手段と、前記予想損害額算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出手段が算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出手段とを有する地震リスク診断システムにおいて、前記 fragility 曲線作成手段は、構成要素が建物である場合の fragility 曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断システムである。

【0007】請求項 3 に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示された fragility 曲線を作成する fragility 曲線作成ステップと、この fragility 曲線作成ステップで作成した fragility 曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとを有する地震リスク診断方法において、前記 fragility 曲線作成ステップでは、構成要素が建物である場合の fragility 曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断方法である。

【0008】請求項 4 に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示された fragility 曲線を作成する fragility 曲線作成ステップと、この fragility 曲線作成ステップで作成した fragility 曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地

10

20

30

40

50

動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとを有する地震リスク診断方法において、前記フラジリティ曲線作成ステップでは、構成要素が設備である場合のフラジリティ曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断方法である。

【0009】請求項5に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成ステップと、このフラジリティ曲線作成ステップで作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムにおいて、前記フラジリティ曲線作成ステップでは、構成要素が建物である場合のフラジリティ曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラムである。

【0010】請求項6に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成ステップと、このフラジリティ曲線作成ステップで作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率

算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムにおいて、前記フラジリティ曲線作成ステップでは、構成要素が設備である場合のフラジリティ曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラムである。

【0011】請求項7に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成ステップと、このフラジリティ曲線作成ステップで作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体において、前記フラジリティ曲線作成ステップでは、構成要素が建物である場合のフラジリティ曲線を、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体である。

【0012】請求項8に記載の発明は、地動加速度と施設を構成する構成要素の損傷確率との関係が示されたフラジリティ曲線を作成するフラジリティ曲線作成ステップと、このフラジリティ曲線作成ステップで作成したフラジリティ曲線と、施設を構成する構成要素が損傷を受けた場合の損害額とから、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額を算出する予想損害額算出ステップと、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて、所定の地動加速度の地震が発生する確率を算出する地震発生確率算出ステップと、前記予想損害額算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生した場合に施設に発生する予想損害額と、前記地震発生確率算出ステップで算出した、所定の地動加速度の地震が発生する確率とから、施設に所定の予想損害額が発生する確率を算出する被害発生確率算出ステップとをコンピュータに実行させる地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体において、前記フラジリティ曲線作成ステップでは、構成要素が設備である

場合の fragility 曲線を、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成することを特徴とする地震リスク診断プログラムを記録した記録媒体である。

【0013】

【発明の実施の形態】図 1 は、本発明の一実施形態における地震リスク診断システムの構成を示すブロック図である。この地震リスク診断システムは、記録媒体 1、演算処理装置 2、入力装置 3、表示装置 4 を有する。

【0014】記録媒体 1 は、地震リスク診断プログラムを記録した媒体であって、具体的には、ハードディスクや CD-ROM 等である。演算処理装置 2 は、記録媒体 1 に記録された地震リスク診断プログラムを実行する装置であって、具体的には、CPU (Central Processing Unit) や RAM (Random Access Memory) 等によって構成され、記録媒体 1 から RAM にロードされる地震リスク診断プログラムに従って、CPU が地震リスク (予想損害額) を算出する。入力装置 3 は、ユーザーが、地震リスク診断システムに与える命令やデータを入力するための装置であって、具体的には、キーボードやマウス等によって構成されている。表示装置 4 は、CPU によって算出された地震リスク (予想損害額) 等が表示される装置であって、具体的には、CRT (Cathode Ray Tube; 陰極線管) ディスプレイや液晶ディスプレイである。

【0015】地震リスク診断システムは地盤及び建物、収容設備を含めたトータルなリスクを対象としており、図 2 はデータセンターの構成要素を示した例である。すなわち、このデータセンターは、地盤と、この地盤上に建てられた建物と、この建物に収容された電力設備および情報流通設備とで構成されている。電力設備は、情報流通設備に電力を供給する。情報流通設備は、ユーザーに各種情報流通サービスを提供する。さらに、情報流通設備は、共通設備 A と、共通設備 B と、A サービス設備と、B サービス設備と、C サービス設備とで構成されている。

【0016】図 3 は、最大地動加速度と、建物が小破、中破、または大破・全壊の損傷を受ける確率すなわち損傷確率との関係を示した構造躯体 (建物) の fragility 曲線のグラフである。なお、このグラフは、耐震性能を示す I_s 値 (構造耐震指標) が 0.6 の建物の fragility 曲線の例である。この fragility 曲線のデータは、地震リスク診断プログラムに含まれている。このグラフの横軸は最大地動加速度 PGA (Peak Ground Acceleration、単位は cm/s^2)、縦軸は損傷確率である。例えば、 I_s 値 = 0.6 の場合、最大地動加速度 PGA が 650 cm/s^2 では、損傷の程度が大破・全壊に至る確率は 0.339 すなわち 33.9% である。

また、損傷の程度が中破に至る確率は、中破以上となる損傷確率と大破・全壊に至る損傷確率との差であるため、0.24 すなわち 24% になる。

【0017】図 4 は、上記の図 3 に示した建物の fragility 曲線を作成するために用いられた基本データを示す表である。この基本データも、地震リスク診断プログラムに含まれている。この表は、建物の耐震性能を示す I_s 値 (構造耐震指標) 別に、小破、中破、大破・全壊の損傷確率を算出するために用いた中央値と、対数標準偏差とを示している。

【0018】この表において、 $I_s = 0.6$ の建物の損傷の程度は、小破、中破または大破・全壊の中央値 (最大地動加速度) を、阪神・淡路大震災において建物が受けた損傷の程度と、最大推定地動加速度との関係に基づいて定めている。

【0019】また、 $I_s = 0.6$ 以外の建物の損傷の程度は、小破、中破または大破・全壊の中央値 (最大地動加速度) A を、下記の式 (1) により算出する。

$$A = A_0 \times (I_s / 0.6) \quad \cdots (1)$$

ただし、 A_0 は、 $I_s = 0.6$ の場合の、小破、中破または大破・全壊の中央値 (最大地動加速度)、 A は、任意の I_s 値の建物の損傷の程度が、小破、中破または大破・全壊の中央値 (最大地動加速度) である。なお、上記の式 (1) による、任意の I_s 値の建物の最大地動加速度 A の算出は、地震リスク診断プログラムに基づいて、演算処理装置 2 が行う。

【0020】例えば、 $I_s = 0.3$ の、小破の中央値 (最大地動加速度) A は、 $I_s = 0.6$ の建物の、小破の中央値 (最大地動加速度) A_0 が 400 cm/s^2 なので、

$$A = 400 \times (0.3 / 0.6) = 200 \text{ cm/s}^2$$

のようにして算出される。

【0021】図 5 は、構成部分のうち、電力設備や情報流通設備といった設備が、所定の地動加速度の地震に遭った場合に損傷を受ける確率すなわち損傷確率を求めるための設備の fragility 曲線を示すグラフである。設備の fragility 曲線は、後述する方法で判定される耐震信頼性ランク、すなわちランク A、B、C 毎に決められている。換言すれば、設備の fragility 曲線は、設備がランク A と判定された場合の曲線と、ランク B と判定された場合の曲線と、ランク C と判定された場合の曲線との、3本の曲線で構成されている。この fragility 曲線のデータも、地震リスク診断プログラムに含まれている。

【0022】図 5 に示した例では、ランク A と判定された設備が、 1050 cm/s^2 の地動加速度の地震に遭った場合の損傷確率は 0.5 すなわち 50% である。また、ランク C と判定された構成部分が、 600 cm/s^2 の地動加速度の地震に遭った場合の損傷確率は 0.5 すなわち 50% である。

【0023】図6は、上記の図5に示した建物のフラジリティ曲線を作成するために用いられたデータを示す表である。このデータも、地震リスク診断プログラムに含まれている。耐震信頼性ランクがランクAの場合には、最大地動加速度の中央値（損傷確率が0.5すなわち50%となる最大地動加速度）は、T基準値に1.75を掛けた値とされ、ランクBの場合には、T基準値に1.50を掛けた値とされ、ランクCの場合には、T基準値に1.00を掛けた値とされている。

【0024】T基準値とは、各設備の地震力に対する耐震性能基準値を示す。T基準値が400 (cm/s^2) であれば、この地震力までは損傷を受けないことを目標として、設備が作成されていることを意味する。

【0025】図7および図8は、データセンターを構成する構成要素のうち、設備に関する構成要素を、さらに細かく分けた各構成部分の耐震信頼性ランクを判定するための表である。各構成部分の耐震信頼性ランクは、調査員が、データセンターの現地調査を行い、この表に挙げられた各チェック項目をチェックし、チェックの結果を総合して判定する。チェック項目としては、表中の「機器本体」の欄に示された、設備の耐震設計方法に関する項目と、表中の「固定方法等」の欄に示された、設備の耐震固定実施状況に関する項目とがある。設備の耐震設計方法に関する項目とは、設備自体の耐震性をチェックするための項目であり、設備の耐震固定実施状況に関する項目とは、設備の固定方法の耐震性をチェックするための項目である。そして、判定結果が、地震リスク診断システムに与えられる。

【0026】耐震信頼性ランクは、ランクA、ランクB、ランクCに分けられている。ランクAは、構成部分が、耐震性能の目標を満足している場合であり、耐震試験等によって耐震性能が精密に評価されている場合を想定している。ランクBは、構成部分が、耐震性能の目標をほぼ満足している場合であり、構造計算等によって耐震性能が確認されている場合を想定している。ランクCは、ランクAおよびランクB以外の場合である。

【0027】図7は、データセンターを構成する、設備に関する構成要素の一つである電力設備を、さらに細かく分けた各構成部分（例えば、受電装置、本体装置等）の耐震信頼性ランクを判定するための表である。この表には、「機器本体」の欄に示された、設備の耐震設計方法に関するチェック項目として、例えば、機器の耐震試験を実施しているか否か、といったチェック項目が挙げられている。また、「固定方法等」の欄に示された、設備の耐震固定実施状況に関するチェック項目として、例えば、防振支持型の設備には、変位・移動防止のためダンパー、ストッパーが強固に取り付けられているか否か、といったチェック項目が挙げられている。また、この表の例では、構成部分の一つである受電装置の耐震信頼性ランクが、ランクAと判定されている。

【0028】図8は、データセンターを構成する、設備に関する構成要素の一つである共通設備Aを、さらに細かく分けた各構成部分（例えば、共通装置、電力装置等）の耐震信頼性ランクを判定するための表である。この表には、「機器本体」の欄に示された、設備の耐震設計方法に関するチェック項目として、例えば、機器の耐震試験を実施しているか否か、といったチェック項目が挙げられている。また、「固定方法等」の欄に示された、設備の耐震固定実施状況に関するチェック項目として、例えば、耐震架台に固定されているか否か、といったチェック項目が挙げられている。また、この表の例では、構成部分の一つである共通装置の耐震信頼性ランクが、ランクAと判定されている。

【0029】図9は、各最大地動加速度での地震リスク（予想損害額）を示すグラフ（地震ロス関数）である。このグラフは、演算処理装置2によって作成され、表示装置4に表示される。このグラフの横軸は最大地動加速度、縦軸は地震リスク（予想損害額）である。例えば、このグラフによれば、最大地動加速度が800 cm/s^2 での地震リスク（予想損害額）は約24億円である。

【0030】図10は、対象地点における最大地動加速度と、各最大地動加速度の地震が1年間あたりに発生する確率との関係を示すグラフ（地震ハザード曲線）である。このグラフも、演算処理装置2によって作成され、表示装置4に表示される。このグラフは、歴史地震の再現期待値が格納された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて作成される。この例によれば、最大地動加速度が800 cm/s^2 の地震が発生する確率は、 1.0×10^{-6} すなわち0.0001%である。

【0031】図11は、地震リスク（予想損害額）と、この額の損害が発生する確率との関係を示すグラフ（リスクカーブ）である。このグラフも、演算処理装置2によって作成され、表示装置4に表示される。このグラフは、上記の図9に示した、各最大地動加速度と地震リスク（予想損害額）との関係と、上記の図10に示した、各最大地動加速度の地震が発生する確率すなわち地震発生確率とから作成される。この例によれば、地震リスク（予想損害額）が24億円となる確率は、 1.0×10^{-6} すなわち0.0001%である。

【0032】図12は、データセンターが地震によって損傷を受ける場合の、起こり得る損傷モードを示すイベントツリーの図である。このイベントツリーによって、地震による営業損失（データセンターの営業が停止することによる損失）が算出される。このイベントツリーは、地震リスク診断プログラムに基づいて、演算処理装置2が生成し、表示装置4に表示される。この図の例では、データセンターに起こりうる損傷モードとして、

モード1からモード10までが挙げられている。

【0033】例えば、モード2とは、データセンターの構成要素である地盤、建物、電力設備、共通設備A、共通設備B、Aサービス設備には損傷が無く(n)、Bサービス設備のみが損傷を受けた(y)場合である。この場合には、Bサービスのみが停止される。なお、Bサービスは、Bサービス設備だけではなく、Aサービス設備をも用いているので、モード3のようにAサービス設備が損傷を受ける(y)と、Bサービス設備が損傷を受けたか否かに関わらず停止する。また、モード7からモード10のように、共通設備A、電力設備、建物、地盤が損傷を受ける(y)と、Aサービス、Bサービス共に停止する。

【0034】このイベントツリーにおけるn(損傷無し)には、所定の最大地動加速度で各構成要素が損傷を受けない確率が、演算処理装置2によって当てはめられ、y(損傷有り)には、所定の最大地動加速度で各構成要素が損傷を受ける確率が、演算処理装置2によって当てはめられる。各構成要素が損傷を受ける確率とは、後述するフォールトツリーを用いて算出される、各構成要素の損傷確率であり、各構成要素が損傷を受けない確率とは、 $(1 - \text{各構成要素の損傷確率})$ である。

【0035】そして、演算処理装置2によって、損傷モード毎に、各構成要素(例えば、地盤、建物等)の損傷を受けない確率または損傷を受ける確率どうしの積がとられ、所定の最大地動加速度で各損傷モードに至る確率が算出される。

【0036】一方、演算処理装置2によって、各損傷モードとなったときの損害額も算出される。そして、各損傷モードとなったときの損害額と、各損傷モードに至る確率との積がとられ、損害額の期待値が算出される。そして、各損傷モードにおける損害額の期待値が、全ての損傷モードについて合計され、所定の最大地動加速度での営業的な地震リスク(予想される営業的な損害額)が算出される。さらに、この地震リスク(予想損害額)が、各最大地動加速度の場合(例えば、最大地動加速度が 5 cm/s^2 から 1050 cm/s^2 までの場合)について算出される。

【0037】図13および図14は、ユーザーが地震リスク診断システムに与える、データセンターを構成する構成要素が、所定の強さの地震(所定の地動加速度の地震)によって損傷を受ける確率を計算するためのフォールトツリー(FT)の例を示す図である。これらの図においては、データセンターを構成する構成要素が、さらに細かい構成部分に分けられている。

【0038】図13は、データセンターを構成する構成要素の一つである電力設備のフォールトツリーを示す図である。この図においては、電力設備が、受電装置、電源に分けられ、電源が、予備発電装置、移動電源車、商用電源に分けられている。さらに、予備発電装置が、始

動用装置、本体装置、燃料、冷却水槽、排気筒に分けられている。さらに、始動用装置が、始動用蓄電池、水槽に分けられ、水槽が、保水水槽、屋上水槽に分けられている。また、燃料が、燃料小出槽、地下油槽に分けられている。

【0039】電力設備の構成部分のうち、保水水槽、屋上水槽のうちのいずれか1つが損傷を受けると、水槽は損傷を受ける(機能しなくなる)。すなわち、保水水槽、屋上水槽は、水槽に対するOR事象となっている。

【0040】始動用蓄電池、水槽のうちのいずれか1つが損傷を受けると、始動用装置は損傷を受ける(機能しなくなる)。すなわち、始動用蓄電池、水槽は、始動用装置に対するOR事象となっている。

【0041】燃料小出槽、地下油槽の両方が損傷を受けると、燃料は損傷を受ける(機能しなくなる)。すなわち、燃料小出槽、地下油槽は、燃料に対するOR事象となっている。

【0042】始動用装置、本体装置、燃料、冷却水槽、排気筒のうちのいずれか1つが損傷を受けると、予備発電装置は損傷を受ける(機能しなくなる)。すなわち、始動用装置、本体装置、燃料、冷却水槽、排気筒は、予備発電装置に対するOR事象となっている。

【0043】予備発電装置、移動電源車、商用電源の全てが損傷を受けると、電源は損傷を受ける(機能しなくなる)。すなわち、予備発電装置、移動電源車、商用電源は、電源に対するAND事象となっている。これは、例えば、商用電源から電源が供給されなくなった場合であっても、予備発電装置または移動電源車から電源が供給されれば、電源は機能することを意味する。

【0044】受電装置、電源のうちのいずれか1つが損傷を受けると、電力設備は損傷を受ける(機能しなくなる)。すなわち、受電装置、電源は、電力設備に対するOR事象となっている。

【0045】図14は、データセンターを構成する構成要素の一つである共通設備Aのフォールトツリーを示す図である。この図においては、共通設備Aが、共通装置、空調室内機、空調室外機、電力装置に分けられている。

【0046】共通装置、空調室内機、空調室外機、電力装置のうちのいずれか1つが損傷を受けると、共通設備Aは損傷を受ける(機能しなくなる)。すなわち、共通装置、空調室内機、空調室外機、電力装置は、共通設備Aに対するOR事象となっている。これは、例えば、共通装置が常に発熱しており、共通設備Aの機能を維持するためには、常に共通装置を冷却する空調室内機、空調室外機が機能している必要があることを意味する。

【0047】次に、本実施形態の動作、すなわちデータセンターの地震リスク(予想損害額)を算出する手順を説明する。まず、物的な予想損害額を算出する手順を説明する。

【0048】まず、ユーザーは、図2に示したように、データセンターを構成要素に分解し、分解した構成要素を地震リスク診断システムに与える。この図の例では、データセンターが、地盤、建物、電力設備、情報流通設備に分解されている。さらに、情報流通設備が、共通設備A、共通設備B、Aサービス設備、Bサービス設備に分解されている。

【0049】次に、図3に示した建物の fragility 曲線から、各地動加速度における建物の損傷確率が算出される。詳細には、建物が全壊・大破、中破および小破に至る確率と、建物が無被害である確率とが算出される。

【0050】次に、図5に示した設備の fragility 曲線から、各床応答加速度における設備の損傷確率が算出される。

【0051】このとき、予め、調査員が、図7および図8に示したような表を用いて、構成要素における各構成部分の耐震信頼性ランクを判定し、判定結果が地震リスク診断システムに与えられる。図7に示した電力設備の例では、例えば、受電装置の耐震信頼性ランクがランクAと判定されている。また、図8に示した共通設備Aの例では、例えば、共通装置の耐震信頼性ランクがランクAと判定されている。

【0052】すると、地震リスク診断システムにおける演算処理装置2は、図5に示した設備の fragility 曲線を用いて、耐震信頼性ランクが判定された各構成部分が、所定の地動加速度の地震に遭った場合に、損傷を受ける確率すなわち損傷確率を求める。例えば、耐震信頼性ランクがランクAと判定された共通装置が、 1050 cm/s^2 の床応答加速度の地震に遭った場合の損傷確率は0.5すなわち50%となる。

【0053】そして、図3に示した建物の fragility 曲線から算出された、建物が全壊・大破に至る確率と、建物が全壊・大破に至った場合の損害額とがかけ合わされ、各地動加速度における、建物の物的な地震リスク、すなわち損害額の期待値が算出される。

【0054】また、図5に示した設備の fragility 曲線から算出された、設備の損傷確率と、設備が損傷を受けた場合の損害額とがかけ合わされ、各地動加速度における設備の物的な地震リスク、すなわち損害額の期待値が算出される。

【0055】そして、各地動加速度における、建物の物的な地震リスクと、設備の物的な地震リスクとが合計され、図9に示すような、各地動加速度における施設（データセンター）の物的な地震リスク、すなわち損害額の期待値が算出される。

【0056】算出された、各地動加速度における施設（データセンター）の物的な地震リスク、すなわち損害額の期待値と、図10に示した各地動加速度の地震が発生する確率とから、図11に示したリスクカーブ、すなわち地震リスク（予想損害額）と、この損害額が発生す

る確率との関係が求められる。

【0057】次に、営業損失を算出する手順を説明する。

【0058】演算処理装置2は、図12に示したようなイベントツリーを作成し、表示装置3に表示する。この図の例では、データセンターに起こりうる損傷モードとして、モード1からモード10までが挙げられている。これらの損傷モードのうち、例えば、モード2とは、データセンターの構成要素である地盤、建物、電力設備、共通設備A、共通設備B、Aサービス設備には損傷がなく（n）、Bサービス設備のみが損傷を受けた（y）場合である。

【0059】そして、演算処理装置2は、このイベントツリーにおけるn（損傷無し）に、各構成要素が所定の最大地動加速度で損傷を受けない確率を当てはめ、y（損傷有り）に、各構成要素が所定の最大地動加速度で損傷を受ける確率を当てはめる。各構成要素が損傷を受ける確率とは、後述するフォールトツリーを用いて算出された、各構成要素の損傷確率であり、各構成要素が損傷を受けない確率とは、 $(1 - \text{各構成要素の損傷確率})$ である。

【0060】そして、演算処理装置2は、損傷モード毎に、各構成要素（例えば、地盤、建物等）の損傷を受けない確率または損傷を受ける確率どうしの積をとり、所定の最大地動加速度で、データセンターが各損傷モードに至る確率を算出する。

【0061】一方、演算処理装置2は、データセンターが各損傷モードとなったときの損害額も算出する。そして、データセンターが各損傷モードとなったときの損害額と、データセンターが各損傷モードに至る確率との積をとり、損害額の期待値を算出する。そして、各損傷モードにおける損害額の期待値を、全ての損傷モードについて合計し、所定の最大地動加速度における、データセンターの営業的な地震リスク（予想される営業的な損害額）を算出する。さらに、この地震リスク（予想損害額）を、各最大地動加速度の場合（例えば、最大地動加速度が 5 cm/s^2 から 1050 cm/s^2 までの場合）について算出する。

【0062】構成要素の損傷確率は図13、図14に例示するようなフォールトツリーで算出される。図13の例では、構成要素として電力設備が、構成部分として受電装置、電源、予備発電装置、移動電源車、商用電源、予備発電装置、始動用装置、本体装置、燃料、冷却水槽、排気筒、始動用蓄電池、水槽、保水水槽、屋上水槽、燃料小出槽、地下油槽が地震リスク診断システムに与えられる。図4の例では、構成要素として共通設備Aが、構成部分として共通装置、空調室内機、空調室外機、電力装置が地震リスク診断システムに与えられる。なお、構成部分のうちのいくつかが与えられなかった場合、すなわち診断対象の構成要素が、フォールトツリー

にある構成部分のうちのいくつかを、実際には有していなかった場合には、与えられなかった項目（構成部分）は無視される。

【0063】図13の例では、電力設備が、OR事象として、受電装置、電源に分解されている。さらに、電源が、AND事象として、予備発電装置、移動電源車、商用電源に分解されている。さらに、予備発電装置が、OR事象として、始動用装置、本体装置、燃料、冷却水槽、排気筒に分解されている。さらに、始動用装置が、OR事象として、始動用蓄電池、水槽に分解されている。さらに、水槽が、OR事象として、保水水槽、屋上水槽に分解されている。また、燃料が、OR事象として、燃料小出槽、地下油槽に分解されている。図4の例では、共通設備Aが、OR事象として、共通装置、空調室内機、空調室外機、電力装置に分解されている。

【0064】構成要素毎の損傷確率は、以下のようにして求められる。

【0065】演算処理装置2は、図13および図14に示したようなフォールトツリー内の各構成部分（例えば、図13における保水水槽等）に、それぞれの損傷確率を当てはめる。そして、AND事象となっている構成部分の損傷確率どうしの積をとって上位の構成部分の損傷確率とし、OR事象となっている構成部分の損傷確率どうしの和をとって上位の構成部分の損傷確率とするという演算を行い、構成要素（例えば、図12における電力設備）の損傷確率を算出する。

【0066】例えば、図13に示した電力設備の例では、演算処理装置2は、以下のような演算を行う。まず、保水水槽の損傷確率と、屋上水槽の損傷確率との和をとり、上位の構成部分である水槽の損傷確率とする。次に、この水槽の損傷確率と、始動用蓄電池の損傷確率との和をとり、さらに上位の構成部分である始動用装置の損傷確率とする。また、燃料小出槽の損傷確率と、地下油槽の損傷確率との和をとり、上位の構成部分である燃料の損傷確率とする。

【0067】次に、始動用装置の損傷確率と、本体装置の損傷確率と、燃料の損傷確率と、冷却水槽の損傷確率と、排気筒の損傷確率との和をとり、上位の構成部分である予備発電装置の損傷確率とする。次に、この予備発電装置の損傷確率と、移動電源車の損傷確率と、商用電源の損傷確率との積をとり、上位の構成部分である電源の損傷確率とする。そして、この電源の損傷確率と、受電装置の損傷確率との和をとり、データセンターを構成する構成要素の一つである電力設備の損傷確率を算出する。

【0068】例えば、図14に示した共通設備Aの例では、演算処理装置2は、共通装置の損傷確率と、空調室内機の損傷確率と、空調室外機の損傷確率と、電力装置の損傷確率との和をとり、データセンターを構成する構成要素の一つである共通設備Aの損傷確率を算出する。

【0069】そして、演算処理装置2は、図9に示したような、各最大地動加速度における、データセンターの営業的な地震リスク（予想される営業的な損害額）を示すグラフを作成し、表示装置4に表示する。このグラフの横軸は最大地動加速度、縦軸はデータセンターの地震リスク（予想損害額）である。例えば、このグラフによれば、最大地動加速度が 800 cm/s^2 における、データセンターの地震リスク（予想損害額）は約24億円となる。

【0070】さらに、演算処理装置2は、図10に示したような、対象地点における最大地動加速度と、各最大地動加速度の地震が1年間あたりに発生する確率との関係を示すグラフを作成し、表示装置4に表示する。このグラフは、歴史地震の再現期待値が蓄積された被害地震データベースより、対象地点に影響を及ぼす地震動を抽出し、統計解析を行うことにより計算される回帰曲線の係数を用いて作成される。この例によれば、最大地動加速度が 800 cm/s^2 の地震が発生する確率は、 1.0×10^{-6} すなわち0.0001%である。

【0071】さらに、演算処理装置2は、図11に示したような、データセンターの地震リスク（予想損害額）と、この額の損害が発生する確率との関係を示すグラフを作成し、表示装置4に表示する。このグラフは、上記の図9に示した、各最大地動加速度とデータセンターの地震リスク（予想損害額）との関係と、上記の図10に示した、各最大地動加速度の地震が発生する確率すなわち地震発生確率とから作成される。例えば、このグラフによれば、データセンターの地震リスク（予想損害額）が24億円となる確率は、 1.0×10^{-6} すなわち0.0001%となる。

【0072】

【発明の効果】本発明によれば、建物の fragility 曲線が、建物の耐震性能を示す I_s 値に応じて作成されるので、任意の I_s 値の施設の地震リスクを算出することができ、従って、建物の fragility 曲線を精度良く算出することができ、従って、地震リスクを精度良く算出することができる。

【0073】また、本発明によれば、電力設備や情報流通設備といった設備の fragility 曲線が、各設備の耐震性能基準値を基本として、各設備の耐震設計方法と、耐震固定実施状況とにより決定される耐震信頼性ランクに応じて作成されるので、設備の fragility 曲線を精度良く算出することができ、従って、地震リスクを精度良く算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態における地震リスク診断システムの構成を示すブロック図である。

【図2】 ユーザーが地震リスク診断システムに与える、データセンターを構成する構成要素を示す図である。

【図3】 最大地動加速度と、建物が小破、中破、または大破・全壊の損傷を受ける確率すなわち損傷確率との関係を示した構造躯体（建物）のフラジリティ曲線のグラフである。

【図4】 図3に示したフラジリティ曲線を作成するために用いられたデータを示す表である。

【図5】 耐震信頼性ランクが判定された構成部分が、所定の地動加速度の地震に遭った場合に、損傷を受ける確率すなわち損傷確率を求めるための、電力設備や情報流通設備といった設備のフラジリティ曲線のグラフである。

【図6】 図5に示したフラジリティ曲線を作成するために用いられたデータを示す表である。

【図7】 データセンターを構成する構成要素の一つである電力設備を、さらに細かく分けた各構成部分の耐震信頼性ランクを判定するための表である。

【図8】 データセンターを構成する構成要素の一つである共通設備Aを、さらに細かく分けた各構成部分の耐震信頼性ランクを判定するための表である。

【図9】 各最大地動加速度での地震リスク（予想損害額）を示すグラフ（地震ロス関数）である。

【図10】 対象地点における最大地動加速度と、各 *

* 最大地動加速度の地震が1年間あたりに発生する確率との関係を示すグラフ（地震ハザード曲線）である。

【図11】 地震リスク（予想損害額）と、この額の損害が発生する確率との関係を示すグラフ（リスクカーブ）である。

【図12】 データセンターが地震によって損傷を受ける場合の、起こり得る損傷モードを示すイベントツリーの図である。

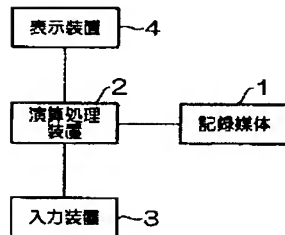
【図13】 データセンターを構成する構成要素の一つである電力設備のフォールトツリーを示す図である。

【図14】 データセンターを構成する構成要素の一つである共通設備Aのフォールトツリーを示す図である。

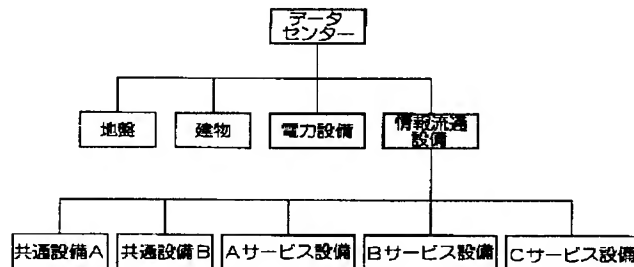
【符号の説明】

- 1 記録媒体
- 2 演算処理装置（フラジリティ曲線作成手段、予想損害額算出手段、地震発生確率算出手段、被害発生確率算出手段）
- 3 入力装置
- 4 表示装置

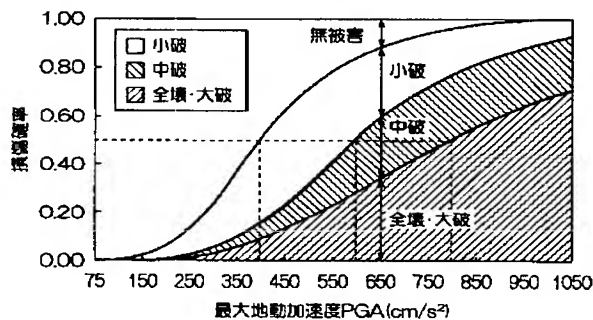
【図1】



【図2】



【図3】



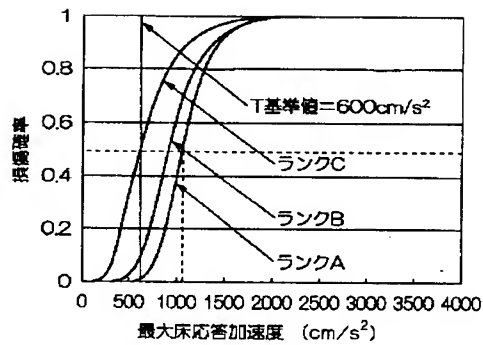
【図4】

建物IS値	小破		中破		大破・全壊	
	中央値 (cm/s²)	対数標準偏差	中央値 (cm/s²)	対数標準偏差	中央値 (cm/s²)	対数標準偏差
0.3	200	0.4	300	0.4	400	0.5
0.6	400		600		800	
0.9	600		900		1200	

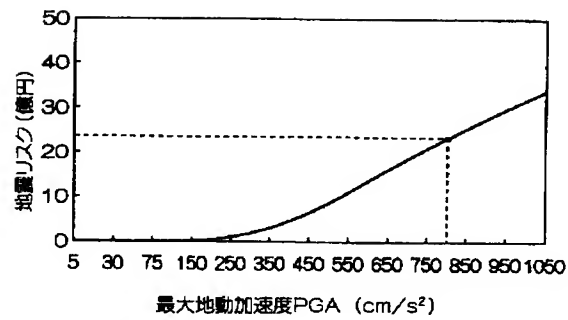
【図6】

耐震信頼性ランク	中央値	対数標準偏差	T基準値での損傷確率
ランクA	1.75×T	0.24	1%程度
ランクB	1.50×T	0.36	10%程度
ランクC	1.00×T	0.48	50%程度

【図5】



【図9】



【図7】

電力設備

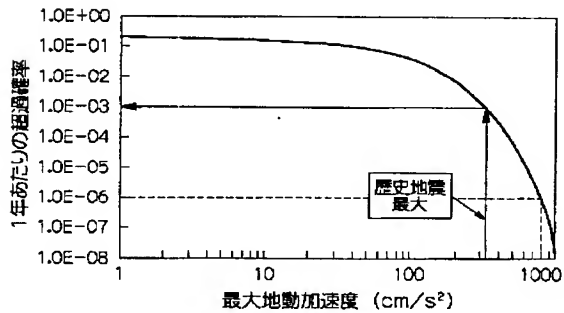
		受電装置	本体設置	始動用蓄電池	屋上水槽	保水水槽	燃料小出槽	排気扇	地下油槽	冷却水槽	移動電源車	応用電源
機組本体	①機組の前震試験を実施している	○	○	○	—	○	○	○				
	②構造計算を独自に実施している	—	—	—	—	—	—	—				
	③機組に著しい腐蝕や腐食がない	○	○	○	—	○	○	○				
	機組本体適合判定 (A, B, C)	A	A	A	—	A	A	A				
固定方法等	伝達支脚等の設備には、震動・移動防止のためのダンパー、ストッパが適切に取り付けられている	○	○	○	—	○	○	○				
	取付ボルト・アンカーボルトに著しい変形・ゆるみ・腐食はない	○	○	○	—	○	○	○				
	基礎は建物の構造躯体と一体型となっている	○	○	○	—	○	○	○				
	基礎のアンカーボルトのヘリ変形は十分に取られている	○	○	○	—	○	○	○				
	基礎コンクリートにひび割れ・破損等が生じていない	○	○	○	—	○	○	○				
	排気扇・導体・配管等設備は、震動吸収可能な取付手を使用している	○	○	○	—	○	○	○				
	建物は、適切な支台または基礎支持材により固定されている	○	○	○	—	○	○	○				
	排気扇・天吊り消音機は、震動時に過大な変形を生じないよう制り止め・強固な枠組みで支持されている	○	○	○	—	○	○	○				
	取付架台・取付金具に著しい変形・腐食がない	○	○	○	—	○	○	○				
	耐震信頼性ランク (A, B, C)	A	A	A	—	A	A	A				

※1「機組本体」の①欄が○の場合は、機組本体適合判定はA。②欄が○の場合はB。①、②欄とも×の場合はC。

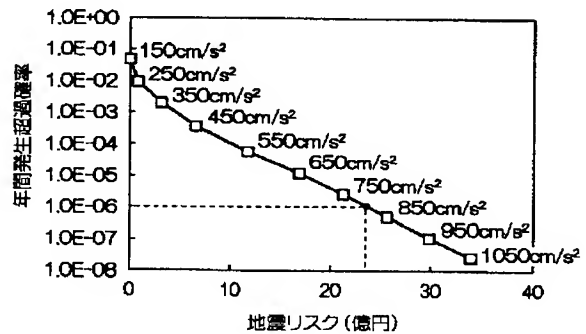
③欄が×の場合は①、②欄から判定を1ランク下げる（ランクCの場合はそのまま）

※2「固定方法等」の各欄で一つでも×がある場合は、機組本体適合判定から1ランク下げる（ランクCの場合はそのまま）

【図10】



【図11】



【図8】

共通設備A		共通 装置	電力 装置	空調機		
				屋外	屋内	
機器本体	①機器の耐震試験を実施している	○		○	○	
	②構造計算を独自に実施している	—		—	—	
	③機器に著しい破損や腐食がない	／		○	／	
	機器本体適合判定 (A,B,C)	A	A	A	A	
固定方法等	二層床 固定	①耐震架台に固定されている	○		—	○
	RC床 直接固定	②アンカーボルトに著しい変形・ゆるみ・腐食がない	—		○	—
		③アンカーボルト周囲にひび割れ・破損等が生じていない	—		○	—
		④アンカーボルトのピッチは十分に取られている	—		○	—
		⑤取付架台・取付金物に著しい変形・腐食がない	—		○	—
		⑥蓄電池は耐震枠で固定されている	／		／	／
		⑦蓄電池の電極相互及び電極と支持枠間に腐食材がある	／		／	／
		⑧導体接続部は、変位吸収可能な可撓継手を使用している	／		／	／
		耐震信頼性ランク (A,B,C)	A	A	A	A

※1「機器本体」の○が○の場合は、機器本体適合判定はA。○が○の場合はB。①②とも×の場合はC。

③が×の場合は①②欄から判定を1ランク下げる(ランクCの場合はそのまま)

※2「固定方法等」の各欄で一つでも×がある場合は、機器本体適合判定から1ランク下げる(ランクCの場合はそのまま)

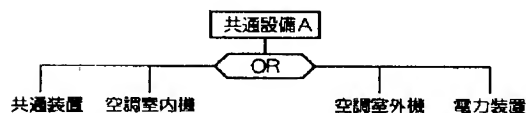
【図12】

機器 モード	構成要素							損害額	確率	損害額×確率＝ 損害額の期待値	サービス停止の内容
	地盤	建物	電力 設備	共通 設備A	共通 設備B	ガス・ ガス	ガス・ ガス				
1	n	n	n	n	n	n	n				被害無し
2	n	n	n	n	n	n	y				Bサービス停止
3	n	n	n	n	n	y	a				Aサービス、Bサービス とも停止
4	n	n	n	n	y	n	n				一部の地域のみサービス可能
5	n	n	n	n	y	n	y				Bサービス停止
6	n	n	n	n	y	y	a				Aサービス、Bサービス とも停止
7	n	n	n	y	a	a	a				全サービス停止 ＋共通設備A
8	n	n	y	a	a	a	a				全サービス停止 ＋電力設備損傷
9	n	y	a	a	a	a	a				全サービス停止 ＋建物大破・全壊
10	y	a	a	a	a	a	a				全サービス停止 ＋支持地盤陥没

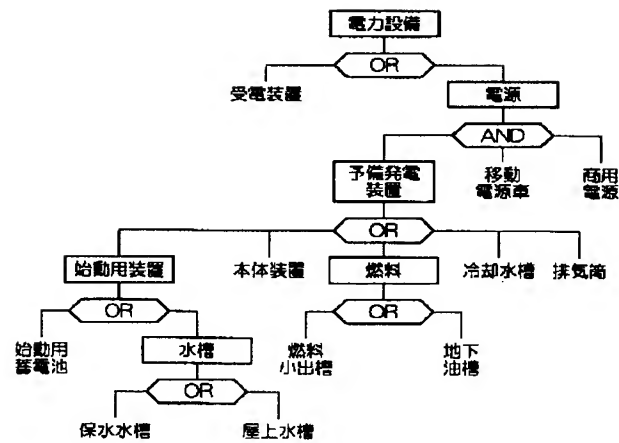
y:損傷有り、n:損傷無し、a:スルー

合計 = 地震リスク(予想損害額)

【図14】



【図 13】



フロントページの続き

(72) 発明者 樋口 聖子
 東京都港区芝浦三丁目 4 番 1 号 株式会社
 エヌ・ティ・ティファシリティーズ内

F ターム(参考) 2E001 DG00 DH39